

2
3-280

PATENT

Docket No.: 50212-174

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Kaoru OKUNO, et al.

Serial No.: Group Art Unit:

Filed: December 12, 2000 Examiner:

For: OPTICAL FIBER MAKING METHOD AND OPTICAL FIBER MAKING APPARATUS



**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Assistant Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

Japanese Patent Application No. 11-353258,
filed December 13, 1999

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Arthur J. Steiner
Registration No. 26,106

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 AJS:dtb
Date: December 12, 2000
Facsimile: (202) 756-8087

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

502(2-174)
Okuno, et al.
December 12, 2000

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.



出願年月日
Date of Application:

1999年12月13日

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第353258号

出願人
Applicant(s):

住友電気工業株式会社

2000年 9月22日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造

出証番号 出証特2000-3077031

【書類名】 特許願
【整理番号】 099Y0330
【提出日】 平成11年12月13日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 6/00
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内
【氏名】 奥野 薫
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内
【氏名】 永山 勝也
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内
【氏名】 桑原 一也
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内
【氏名】 土屋 一郎
【特許出願人】
【識別番号】 000002130
【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社
【代理人】
【識別番号】 100088155
【弁理士】
【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908938

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバ製造方法および光ファイバ製造装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 線引き炉の炉心管をメインヒータで加熱して前記炉心管内の光ファイバ母材の下端を加熱・溶融し、前記光ファイバ母材を線引して光ファイバを製造する方法であって、

その線引の際に、前記メインヒータのみによらずに前記光ファイバ母材の前記下端が受ける熱量を変化させて線引張力を調整し、この調整された線引張力に基づいて波長分散が長手方向に変化する前記光ファイバを製造することを特徴とする光ファイバ製造方法。

【請求項2】 前記光ファイバ母材の前記下端の周囲に供給するガスの流量および組成の双方または何れか一方を変化させることで、前記光ファイバ母材の前記下端が受ける熱量を変化させることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ製造方法。

【請求項3】 前記光ファイバ母材の前記下端の近傍に補助ヒータを設け、この補助ヒータによる加熱の状態を変化させることで、前記光ファイバ母材の前記下端が受ける熱量を変化させることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ製造方法。

【請求項4】 前記光ファイバ母材の前記下端の近傍に断熱材を設け、この断熱材による断熱の状態を変化させることで、前記光ファイバ母材の前記下端が受ける熱量を変化させることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ製造方法。

【請求項5】 前記光ファイバ母材と前記線引き炉との間の相対的位置関係を変化させることで、前記光ファイバ母材の前記下端が受ける熱量を変化させることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ製造方法。

【請求項6】 線引張力を測定して、この測定された線引張力が所定値となるよう前記光ファイバ母材の前記下端が受ける熱量を制御することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ製造方法。

【請求項7】 線引き炉の炉心管をメインヒータで加熱して前記炉心管内の光ファイバ母材の下端を加熱・溶融し、前記光ファイバ母材を線引して光ファイ

バを製造する装置であって、

前記光ファイバ母材の前記下端の周囲にガスを供給するとともに、そのガスの流量および組成の双方または何れか一方を変化させて、前記光ファイバ母材の前記下端が受ける熱量を変化させるガス供給手段を備えることを特徴とする光ファイバ製造装置。

【請求項8】 線引き炉の炉心管をメインヒータで加熱して前記炉心管内の光ファイバ母材の下端を加熱・溶融し、前記光ファイバ母材を線引して光ファイバを製造する装置であって、

前記光ファイバ母材の前記下端の近傍に設けられ、加熱の状態を変化させて、前記光ファイバ母材の前記下端が受ける熱量を変化させる補助ヒータを備えることを特徴とする光ファイバ製造装置。

【請求項9】 線引き炉の炉心管をメインヒータで加熱して前記炉心管内の光ファイバ母材の下端を加熱・溶融し、前記光ファイバ母材を線引して光ファイバを製造する装置であって、

前記光ファイバ母材の前記下端の近傍に設けられ、断熱の状態を変化させて、前記光ファイバ母材の前記下端が受ける熱量を変化させる断熱材を備えることを特徴とする光ファイバ製造装置。

【請求項10】 線引張力を測定する張力測定手段と、この張力測定手段により測定された線引張力が所定値となるよう前記光ファイバ母材の前記下端が受ける熱量を制御する制御手段と、を更に備えることを特徴とする請求項7~9の何れか1項に記載の光ファイバ製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、線引き炉の炉心管をメインヒータで加熱して炉心管内の光ファイバ母材の下端を加熱・溶融し、この光ファイバ母材を線引して光ファイバを製造する方法および装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

所定波長における波長分散が長手方向に変化する光ファイバとして幾つかのタイプのものが知られている。例えば、所定波長における波長分散が正である正分散区間と負である負分散区間とが長手方向に交互に設けられて分散マネージメントされた光ファイバは、非線形光学現象に因る波形劣化および累積波長分散による波形劣化の双方を抑制することができて、波長多重（WDM: Wavelength Division Multiplexing）伝送システムの光伝送路として好適に用いられ得るとされている（例えば特開平8-320419号公報を参照）。また、所定波長における波長分散が長手方向に単調に変化する光ファイバは、ソリトン通信における信号光パルスを効率よく圧縮することができるソリトンパルス圧縮用のものとして用いられる得るとされている（例えば特開平10-167750号公報を参照）。

【0003】

一般に光ファイバ母材から光ファイバを製造するに際しては、線引き炉の炉心管をメインヒータで加熱して、この炉心管内の光ファイバ母材の下端を加熱・溶融し、この光ファイバ母材を線引することで光ファイバが製造される。上記のような光ファイバを製造するに際しては、波長分散を長手方向に変化させる為の特別な工程が設けられている。

【0004】

例えば、上記の特開平8-320419号公報には、コア径または母材径が長手方向に変化する光ファイバ母材を用意し、この光ファイバ母材を線引きする際にファイバ径を一定とすることでコア径を長手方向に変化させ、このようにすることにより波長分散が長手方向に変化する光ファイバを製造する技術が開示されている。また、屈折率プロファイルおよび母材径が長手方向に一定である光ファイバ母材を用意し、この光ファイバ母材を線引きする際に、ファイバ径を変化させることでコア径を変化させ、或いは、線引張力を変化させることで残留応力に基づいて屈折率を変化させ、このようにすることにより波長分散が長手方向に変化する光ファイバを製造する技術が開示されている。

【0005】

また、上記の特開平10-167750号公報には、光ファイバ母材を線引き

する際に、線引き炉温度または線引速度を変化させることで線引張力を長手方向に変化させ、このようにすることにより波長分散が長手方向に変化する光ファイバを製造する技術が開示されている。さらに、特開平10-139463号公報にも、線引張力を長手方向に変化させることで光ファイバを製造する技術が開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の従来の光ファイバ製造技術は以下のような問題点を有している。すなわち、コア径または母材径が長手方向に変化する光ファイバ母材を一定ファイバ径に線引することは、このような光ファイバ母材を作製する工程が複雑であり、製造コストが高い。ファイバ径を変化させる技術では、これにより製造される光ファイバは、ファイバ径が長手方向に変化しているので、他の光ファイバとの融着接続が容易ではなく、接続損失が大きくなる場合がある。

【0007】

一方、線引張力を変化させる技術は、上記のような問題点を有しないものの、以下のような問題点を有している。すなわち、特開平10-167750号公報に開示されたように線引張力を長手方向に変化させるためにヒータで線引き炉の温度を変化させようとしても、線引き炉の熱容量が大きいことから、炉心管内の光ファイバ母材の下端の温度を短時間に変化させることができない。このことは、製造される分散マネージメント光ファイバにおいて正分散区間と負分散区間との間の過渡区間が長くなることを意味し、この過渡区間では波長分散の絶対値が小さいことから、非線形光学現象による波形劣化を抑制するという効果を充分に達成することができない。また、特開平10-167750号公報に開示されたように線引張力を長手方向に変化させるために線引速度を変化させると、非常に長時間をかけて線引速度を変化させない限り、製造される光ファイバのファイバ径が変化してしまう。したがって、同様に過渡区間が長くなる。なお、特開平10-139463号公報には、線引張力を長手方向に変化させるための具体的手段については開示されていない。

【0008】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、所定波長における波長分散が長手方向に変化する光ファイバを優れた制御性で容易に製造することができる光ファイバ製造方法および光ファイバ製造装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る光ファイバ製造方法は、線引き炉の炉心管をメインヒータで加熱して炉心管内の光ファイバ母材の下端を加熱・溶融し、光ファイバ母材を線引して光ファイバを製造する方法であって、その線引の際に、メインヒータのみによらずに光ファイバ母材の下端が受ける熱量を変化させて線引張力を調整し、この調整された線引張力に基づいて波長分散が長手方向に変化する光ファイバを製造することを特徴とする。この光ファイバ製造方法によれば、メインヒータのみによらずに光ファイバ母材の下端が受ける熱量を変化させることにより、炉心管内の光ファイバ母材の下端の温度を短時間に変化させることができる。したがって、例えば製造される光ファイバが分散マネージメント光ファイバである場合、正分散区間と負分散区間との間の過渡区間が短くなり、非線形光学現象に因る波形劣化を抑制するという効果を充分に達成することができる。

【0010】

本発明に係る光ファイバ製造方法は、光ファイバ母材の下端の周囲に供給するガスの流量および組成の双方または何れか一方を変化させることで、光ファイバ母材の下端が受ける熱量を変化させることを特徴とする。或いは、光ファイバ母材の下端の近傍に補助ヒータを設け、この補助ヒータによる加熱の状態を変化させることで、光ファイバ母材の下端が受ける熱量を変化させることを特徴とする。或いは、光ファイバ母材の下端の近傍に断熱材を設け、この断熱材による断熱の状態を変化させることで、光ファイバ母材の下端が受ける熱量を変化させることを特徴とする。或いは、光ファイバ母材と線引き炉との間の相対的位置関係を変化させることで、光ファイバ母材の下端が受ける熱量を変化させることを特徴とする。これら何れの場合にも、メインヒータのみによらずに光ファイバ母材の下端が受ける熱量を変化させる上で好適である。

【0011】

本発明に係る光ファイバ製造方法は、線引張力を測定して、この測定された線引張力が所定値となるよう光ファイバ母材の下端が受ける熱量を制御することを特徴とする。この場合には、所望の線引張力を得るために、不活性ガスの流量または組成、補助ヒータによる加熱の状態、断熱材による断熱の状態、または、光ファイバ母材と線引き炉との間の相対的位置関係の微調整をすることができる。

【0012】

本発明に係る光ファイバ製造装置は、線引き炉の炉心管をメインヒータで加熱して炉心管内の光ファイバ母材の下端を加熱・溶融し、光ファイバ母材を線引して光ファイバを製造する装置であって、光ファイバ母材の下端の周囲にガスを供給するとともに、そのガスの流量および組成の双方または何れか一方を変化させて、光ファイバ母材の下端が受ける熱量を変化させるガス供給手段を備えることを特徴とする。或いは、光ファイバ母材の下端の近傍に設けられ、加熱の状態を変化させて、光ファイバ母材の下端が受ける熱量を変化させる補助ヒータを備えることを特徴とする。或いは、光ファイバ母材の下端の近傍に設けられ、断熱の状態を変化させて、光ファイバ母材の下端が受ける熱量を変化させる断熱材を備えることを特徴とする。これら何れの光ファイバ製造装置によっても、メインヒータのみによらずに光ファイバ母材の下端が受ける熱量を変化させることにより、炉心管内の光ファイバ母材の下端の温度を短時間に変化させることができる。したがって、例えば製造される光ファイバが分散マネージメント光ファイバである場合、正分散区間と負分散区間との間の過渡区間が短くなり、非線形光学現象に因る波形劣化を抑制するという効果を充分に達成することができる。

【0013】

本発明に係る光ファイバ製造装置は、線引張力を測定する張力測定手段と、この張力測定手段により測定された線引張力が所定値となるよう光ファイバ母材の下端が受ける熱量を制御する制御手段と、を更に備えることを特徴とする。この場合には、張力測定手段により測定された線引張力に基づいて、所望の線引張力を得るために、不活性ガスの流量または組成、補助ヒータによる加熱の状態、断熱材による断熱の状態、または、光ファイバ母材と線引き炉との間の相対的位置

関係の微調整が制御手段により行われる。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0015】

先ず、本実施形態に係る光ファイバ製造方法または光ファイバ製造装置により製造される光ファイバの1例について図1を用いて説明する。この図に示す光ファイバ10は、所定波長（例えば波長1.55μm）における波長分散が正である正分散区間11と負である負分散区間12とが長手方向に交互に設けられて分散マネージメントされたものである。そして、この光ファイバ10は、局所的な波長分散の絶対値を殆どの領域で大きくする（例えば1ps/nm/km以上とする）ことで、非線形光学現象に因る波形劣化を抑制することができる。また、この光ファイバ10は、全長に亘る平均波長分散を小さくすることで、累積波長分散に因る波形劣化を抑制することができる。それ故、この光ファイバ10は、WDM伝送システムの光伝送路として好適に用いられる。この光ファイバ10は、ファイバ径が長手方向に略一定であり、コア径も長手方向に略一定である。本実施形態では、光ファイバ母材から線引して光ファイバ10を製造する際に、その光ファイバ母材の加熱・溶融された下端が受ける熱量を変化させて線引張力を変化させることで、光ファイバ10の波長分散が長手方向に変化している。

【0016】

図2は、光ファイバ10の屈折率プロファイルの1例の説明図である。この光ファイバ10は、中心から順に、最大屈折率が n_1 で外径が2aであるコア領域、屈折率が n_2 で外径が2bであるディプレスト領域、および、屈折率が n_3 であるクラッド領域を有し、各屈折率の大小関係が $n_1 > n_3 > n_2$ である。このような屈折率プロファイルは、石英ガラスをベースとして、例えば、コア領域にGeO₂を添加し、ディプレスト領域にF元素を添加することにより、実現することができる。例えば、クラッド領域の屈折率を基準として、コア領域の比屈折率差 Δ_1 は0.9%であり、ディプレスト領域の比屈折率差 Δ_2 は-0.45%であ

る。また、コア領域およびディプレスト領域それぞれの外径の比（ $2a/2b$ ）は0:58であり、ディプレスト領域の外径 $2b$ は $11\mu m$ である。

【0017】

次に、光ファイバ製造方法および光ファイバ製造装置の概略について図3を用いて説明する。本実施形態に係る光ファイバ製造方法および光ファイバ製造装置の特徴的な事項については後述する。

【0018】

この光ファイバ製造装置1では、光ファイバ母材20は、フィーダ110に取り付けられ、炉心管120の内部にセットされる。そして、炉心管120内に不活性ガス（N₂, He, Ar等）が供給されるとともに、メインヒータ140により炉心管120が加熱され、これにより光ファイバ母材20の下端が加熱・溶融されてネックダウン部となり、この加熱・溶融された光ファイバ母材20の下端から光ファイバ10が線引きされる。

【0019】

炉心管120から外部に出た光ファイバ10は、外径測定器210によりガラス径が測定され、強制冷却手段（図示せず）により強制冷却される。この外径測定器210による測定結果は線引制御部300に報告され、この線引制御部300により光ファイバ10のガラス径が所定値（通常は $125\mu m$ ）となるように線引条件が制御される。外径測定器210を経た光ファイバ10は、張力測定器220により非接触でガラスの張力が測定される。この張力測定器220による測定結果は線引制御部300に報告され、この線引制御部300により光ファイバ10の張力が所定値となるように線引条件が制御される。

【0020】

張力測定器220を経た光ファイバ10は、被覆部230において、紫外線硬化型樹脂がコーティングされ、その紫外線硬化型樹脂が紫外光照射により硬化されて、1次被覆層で被覆される。被覆部230において被覆された光ファイバ10は、外径測定器240により被覆径が測定される。その後、光ファイバ10は、キャップスタン250、ローラ260、ダンサーローラ270およびローラ280を順に経て、ボビン290により巻き取られる。

【0021】

線引制御部300は、外径測定器210により測定された光ファイバ10のガラス径および張力測定器220により測定された光ファイバ10のガラスの張力それぞれの値に基づいて、キャプスタン250の回転を制御して線引速度を調整し、ダンサーローラ270の位置が一定になるようにボビン290の回転を制御し、線速・張力を制御するためにフィーダ110の送り速度を制御して光ファイバ母材20を炉心管120内に挿入し、メインヒータ140を一定温度に制御して炉心管120を加熱する。さらに、本実施形態では、線引制御部300は、補助ヒータ161を制御し、或いは、炉心管120内に供給するガスの種類や流量を制御する。

【0022】

本実施形態の特徴的な事項は、以上のような光ファイバ製造方法または光ファイバ製造装置において、メインヒータ140のみによらずに炉心管120内の光ファイバ母材20の下端（ネックダウン部）が受ける熱量を変化させることで線引張力を調整し、この調整された線引張力に基づいて波長分散が長手方向に変化する光ファイバ10を製造する点にある。メインヒータ140による炉心管120の加熱の状態を変化させる必要はない。

【0023】

このようにメインヒータ140のみによらずに光ファイバ母材20の下端が受ける熱量を変化させることにより、炉心管内120の光ファイバ母材20の下端の温度を短時間に変化させることができる。したがって、製造される分散マネージメント光ファイバ10において正分散区間11と負分散区間12との間の過渡区間が短くなり、非線形光学現象に因る波形劣化を抑制するという効果を充分に達成することができる。

【0024】

以下では、メインヒータ140のみによらずに炉心管120内の光ファイバ母材20の下端が受ける熱量を変化させる各々の具体的手段について第1～第4の実施形態として説明する。以下の何れの実施形態においても、図1および図2で説明したような分散マネージメント光ファイバ10を製造するものとし、正分散

区間11および負分散区間12それぞれの区間長を約2kmとし、光ファイバ10のガラス径を125μmとして説明する。

【0025】

(第1の実施形態)

先ず、本発明に係る光ファイバ製造方法および光ファイバ製造装置の第1の実施形態について説明する。図4は、第1の実施形態に係る光ファイバ製造装置の要部（線引き炉130の周辺）の説明図である。本実施形態は、炉心管120内の光ファイバ母材20の下端の周囲に供給する不活性ガスの流量および組成の双方または何れか一方を変化させることで、光ファイバ母材20の下端が受ける熱量を変化させるものである。

【0026】

本実施形態に係る光ファイバ製造装置は、炉心管120内に不活性ガスを供給するガス供給手段として、炉心管120に接続された主管151、この主管151が分岐された2つの支管152Aおよび152B、一方の支管152Aに接続されたガス供給源153A、バルブ154Aおよび流量計155A、ならびに、他方の支管152Bに接続されたガス供給源153B、バルブ154Bおよび流量計155Bを備える。

【0027】

ガス供給源153Aおよび153Bそれぞれは、不活性ガス（N₂, He, Ar等）のうち互いに組成が異なるものを炉心管120内に供給する。ガス供給源153Aから供給される不活性ガスは、支管152Aおよび主管151を経て、炉心管120内に供給される。このガス供給源153Aから供給される不活性ガスの流量は、バルブ154Aにより調整され、流量計155Aにより測定される。一方、ガス供給源153Bから供給される不活性ガスは、支管152Bおよび主管151を経て、炉心管120内に供給される。このガス供給源153Bから供給される不活性ガスの流量は、バルブ154Bにより調整され、流量計155Bにより測定される。

【0028】

線引制御部300は、流量計155Aおよび155Bそれぞれによる各不活性

ガス流量の測定値に基づいて、バルブ154Aおよび154Bそれぞれを制御して各不活性ガス流量を調整することにより、ガス供給源153Aおよび153Bそれぞれから炉心管120内に供給される不活性ガスの流量または組成を変化させる。このようにすることで、メインヒータ140のみによらずに光ファイバ母材20の下端が受ける熱量を変化させて線引張力を調整し、この調整された線引張力に基づいて波長分散が長手方向に変化する光ファイバ10を製造することができる。

【0029】

また、線引制御部300は、張力測定器220により測定された光ファイバ10のガラスの張力に基づいて、その測定された張力が所望値となるよう、ガス供給源153Aおよび153Bそれぞれから炉心管120内に供給される不活性ガスの流量または組成を変化させるのが好適である。このようにすることで、所望の線引張力を得るために不活性ガスの流量または組成を微調整することができる。

【0030】

正分散区間11と負分散区間12との間の過渡区間を短くすることで伝送特性が優れた光ファイバ10を製造する観点からは、不活性ガスの流量や組成の変更は短時間に行われることが好ましい。しかし、不活性ガスの流量や組成の変更が余りに急激であると、炉心管120内の温度分布や母材溶融状態が変動して、光ファイバ10のガラス径の変動が大きくなつてガラス径制御が追隨できなくなり、さらに光ファイバ10が断線する危険がある。そこで、線引制御部300は、流量計155A, 155Bによる各不活性ガス流量の測定値に基づいて、光ファイバ10のガラス系制御が追従できる限り短い時間で、バルブ154A, 154Bを制御して不活性ガス流量を調整することにより、ガス供給源153A, 153Bから炉心管120内に供給される不活性ガスの流量または組成を変化させる。

【0031】

本願発明者が行った実験によれば、線速100m/minのとき、熱伝導率が高く一般的に用いられているHeガスを用いると、流量20L/minでは線引

張力は9.8 mN (10 g) になるようにメインヒータ140の温度やフィーダ送り速度を設定すると、流量4.0 L/minでは線引張力は14.7 mN (15 g) であった。また、N₂ガスを用いると、流量2.0 L/minでは線引張力は1.96 mN (20 g) であり、流量4.0 L/minでは線引張力は2.74 mN (28 g) であった。さらに、異種の不活性ガスを混合して炉心管120内に供給し、その混合ガスの流量を変化させても、線引張力は変化した。このように不活性ガスの組成または流量を調整することで所望の線引張力を得ることができた。なお、不活性ガスの組成または流量と線引張力との間の関係は線引き炉130および炉心管120の形状や大きさに依存して異なる。上記の数値は、光ファイバ母材2.0の外径が約3.5 mm、炉心管120の内径が約4.5 mm、炉心管120の炉長が350 mmであるときのものである。

【0032】

メインヒータ140による炉心管120の加熱の状態を変化させることなく、光ファイバ10の正分散区間11および負分散区間12それぞれの波長分散の絶対値が1 ps/nm/km以上となるような線引張力が得られるよう、炉心管120内に供給される不活性ガスの流量および組成を変化させた。ここでは、線速を3.00 m/minとした。すなわち、正分散区間11では、Heガス流量を1.0 L/minとし、かつ、N₂ガス流量を4.0 L/minとすることで、線引張力を8.82 mN (90 g) とすることができます、これにより波長1.55 μmにおける波長分散を+4.5 ps/nm/kmとすることができます。一方、負分散区間12では、Heガス流量を3.0 L/minとし、かつ、N₂ガス流量を1.5 L/minとすることで、線引張力を3.92 mN (40 g) とすることができます、これにより波長1.55 μmにおける波長分散を-4.5 ps/nm/kmとすることができた。

【0033】

このようにして各区間長が2 kmで全長が20 kmの分散マネージメントされた光ファイバ10を製造した。波長1.55 μmにおいて、この光ファイバ10の全長での平均波長分散は0.1 ps/nm/kmであり、伝送損失は0.23 dB/kmであった。なお、ここでも、不活性ガスの組成および流量と線引張力

との間の関係は線引き炉130および炉心管120の形状や大きさに依存して異なる。上記の数値は、光ファイバ母材20の外径が約35mm、炉心管120の内径が約45mm、炉心管120の炉長が350mmであるときのものである。

【0034】

(第2の実施形態)

次に、本発明に係る光ファイバ製造方法および光ファイバ製造装置の第2の実施形態について説明する。図5は、第2の実施形態に係る光ファイバ製造装置の要部（線引き炉130の周辺）の説明図である。本実施形態は、メインヒータ140とは別に補助ヒータ161を設け、この補助ヒータ161による加熱の状態を変化させることで、光ファイバ母材20の下端が受ける熱量を変化させるものである。

【0035】

本実施形態に係る光ファイバ製造装置は、炉心管120の周囲であってメインヒータ140の下方に補助ヒータ161を備える。この補助ヒータ161は、光ファイバ母材20の下端（ネックダウン部）の近傍に設けられるのが好適である。そこで、図に示すように、下端が加熱・溶融された光ファイバ母材20の形状に合わせて、炉心管120の形状も下部の径が細くなっている。そして、この炉心管120の径が細くなった箇所の周囲に補助ヒータ161が設けられて、補助ヒータ161が光ファイバ母材20の下端近くに配置されている。さらに補助ヒータ161の温度を放射温度計（図示せず）で測定している。

【0036】

この補助ヒータ161は、5kW程度の容量を有している。線引制御部300は、補助ヒータ161の加熱の状態（オン＝温度制御／オフ）を変化させる。このようにすることで、メインヒータ140のみによらずに光ファイバ母材20の下端が受ける熱量を変化させて線引張力を調整し、この調整された線引張力に基づいて波長分散が長手方向に変化する光ファイバ10を製造することができる。

【0037】

また、線引制御部300は、張力測定器220により測定された光ファイバ10のガラスの張力に基づいて、その測定された張力が所望値となるよう、補助ヒ

ヒータ161の加熱の状態を変化させるのが好適である。このようにすることで、所望の線引張力を得るために補助ヒータ161の加熱の状態を微調整することができる。張力を減らすには、補助ヒータ161をオンとし、張力を増やすには補助ヒータ161をオフとすればよい。

【0038】

メインヒータ140による炉心管120の加熱の状態を変化させることなく、光ファイバ10の正分散区間11および負分散区間12それぞれの波長分散の絶対値が1 ps/nm/km以上となるような線引張力が得られるよう、メインヒータ140の加熱状態を設定し、補助ヒータ161をオン=温度制御/オフさせた。すなわち、正分散区間11では、補助ヒータ161をオフとすることで、線引張力を882mN(90g)とすることができます、これにより波長1.55μmにおける波長分散を+4.5 ps/nm/kmとすることができた。なお、本実施形態では、この時、補助ヒータ161の温度は周囲からの伝熱で900℃～1000℃であった。一方、負分散区間12では、補助ヒータ161をオン(温度1700℃に制御)とすることで、線引張力を392mN(40g)とすることができます、これにより波長1.55μmにおける波長分散を-4.5 ps/nm/kmとすることができます。なお、張力測定器により張力を測定し、所定の張力を維持できるよう補助ヒータ161をこまめにオン/オフして温度制御した。このようにして各区間長が2kmで全長が20kmの分散マネージメントされた光ファイバ10を製造した。波長1.55μmにおいて、この光ファイバ10の全長での平均波長分散は0.1 ps/nm/kmであり、伝送損失は0.23dB/kmであった。

【0039】

なお、炉心管120の形状は、図5では下部でテーパ状に細くなっているが、これに限られるものではなく、図6のようなものであってもよい。また、補助ヒータ161は、図5、図6に示すように線引き炉130の筐体の内部にあってもよいし、線引き炉130の筐体の外部にあってもよい。

【0040】

(第3の実施形態)

次に、本発明に係る光ファイバ製造方法および光ファイバ製造装置の第3の実施形態について説明する。図7は、第3の実施形態に係る光ファイバ製造装置の要部（線引き炉130の周辺）の説明図である。本実施形態は、光ファイバ母材20の下端の近傍に断熱材171を設け、この断熱材171による断熱の状態を変化させることで、光ファイバ母材20の下端が受ける熱量を変化させるものである。

【0041】

本実施形態に係る光ファイバ製造装置は、光ファイバ母材20の下端の近傍に断熱材171、この断熱材171を支持する支持部173、および、支持部173を介して断熱材171を上下移動させる駆動部174を備える。断熱材171は、光ファイバ母材20の下部の周囲を取り囲めるよう略管形状のものであり、光ファイバ母材20の下部の形状に合わせて内側面がテーパ状になっている。そして、断熱材171は、駆動部174により上下移動が可能であり、これにより、断熱の状態を変化させて、光ファイバ母材20の下端が受ける熱量を変化させる。すなわち、断熱材171が上に移動して、光ファイバ母材20の下部と炉心管120との間に断熱材171があるときには、断熱効果が最も優れ、光ファイバ母材20から炉心管120への熱輻射の一部を遮ることができる。断熱材171を下から上へ移動させて、光ファイバ母材20の下端の温度を上昇させることができる。一方、断熱材171が下に移動して、線引き炉130の下方に断熱材171があるときには、断熱効果が無い。断熱材171を上から下へ移動させて、光ファイバ母材20の下端の温度を降下させることができる。

【0042】

線引制御部300は、駆動部174および支持部173を介して断熱材171を上下移動させる。このようにすることで、メインヒータ140のみによらずに光ファイバ母材20の下端が受ける熱量を変化させて線引張力を調整し、この調整された線引張力に基づいて波長分散が長手方向に変化する光ファイバ10を製造することができる。

【0043】

また、線引制御部300は、張力測定器220により測定された光ファイバ1

0'のガラスの張力に基づいて、その測定された張力が所望値となるよう、断熱材17·1による断熱の状態すなわち断熱材17·1の位置を変化させるのが好適である。このようにすることで、所望の線引張力を得るために断熱材17·1の位置を微調整することができる。

【0044】

メインヒータ140による炉心管120の加熱の状態を変化させることなく、光ファイバ10の正分散区間11および負分散区間12それぞれの波長分散の絶対値が1 ps/nm/km以上となるような線引張力が得られるよう、メインヒータ140の加熱状態を設定し、断熱材17·1を上下させた。すなわち、正分散区間11では、断熱材17·1を下位置に置くことで、線引張力を882mN(90g)とすることができます、これにより波長1.55μmにおける波長分散を+4.5 ps/nm/kmとすることができます。一方、負分散区間12では、断熱材17·1を上位置に置くことで、線引張力を392mN(40g)とすることができます、これにより波長1.55μmにおける波長分散を-4.5 ps/nm/kmとすることができます。このようにして各区間長が2kmで全長が20kmの分散マネージメントされた光ファイバ10を製造した。波長1.55μmにおいて、この光ファイバ10の全長での平均波長分散は0.1 ps/nm/kmであり、伝送損失は0.23dB/kmであった。

【0045】

なお、図7に示すように、炉心管120内に挿入可能なように断熱材17·1を設けてもよいし、図8に示すように、炉心管120の周囲に移動可能に断熱材17·2を設けてもよい。後者の場合には、断熱材17·2は、炉心管120の周囲に置かれているときには、炉心管120からの放熱を防ぐ。断熱材17·2を下から上へ移動させて、光ファイバ母材20の下端の温度を上昇させる。一方、断熱材17·2が下に移動して炉心管120より下方に置かれているときには、炉心管120からの放熱を促す。断熱材17·2を上から下へ移動させて、光ファイバ母材20の下端の温度を降下させる。

【0046】

(第4の実施形態)

次に、本発明に係る光ファイバ製造方法および光ファイバ製造装置の第4の実施形態について図4を用いて説明する。本実施形態は、光ファイバ母材20と線引き炉130との間の相対的位置関係を変化させることで、光ファイバ母材20の下端が受ける熱量を変化させるものである。すなわち、フィーダ110により光ファイバ母材20を上下移動させる。

【0047】

光ファイバ母材20の下端がメインヒータ140の中央よりやや下（下端近く）にあるときには、光ファイバ母材20の下端の温度を上昇させることができる。一方、光ファイバ母材20の下端がその位置から上へ離れると、光ファイバ母材20の下端の温度は降下する。線引制御部300は、フィーダ110を介して光ファイバ母材20を上下移動させる。このようにすることで、メインヒータ140のみによらずに光ファイバ母材20の下端が受ける熱量を変化させて線引張力を調整し、この調整された線引張力に基づいて波長分散が長手方向に変化する光ファイバ10を製造することができる。

【0048】

また、線引制御部300は、張力測定器220により測定された光ファイバ10のガラスの張力に基づいて、その測定された張力が所望値となるよう、光ファイバ母材20の位置を変化させるのが好適である。このようにすることで、所望の線引張力を得るために光ファイバ母材20の位置を微調整することができる。

【0049】

メインヒータ140による炉心管120の加熱の状態を変化させることなく、光ファイバ10の正分散区間11および負分散区間12それぞれの波長分散の絶対値が1ps/nm/km以上となるような線引張力が得られるよう、メインヒータ140の加熱状態を設定し、光ファイバ母材20を上下させる。すなわち、線速30m/minにおいて、正分散区間11では、光ファイバ母材20を下位置に置いて光ファイバ母材20の下端をメインヒータ140の中心よりやや下近くにおくことで、線引張力を大きくすることができ、これにより波長1.55μmにおける波長分散を正の値することができる。一方、負分散区間12では、光ファイバ母材20を上位置（下位置より20mm上）に置くことで、線引張力を

小さくすることができ、これにより波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における波長分散を負の値とすることができます。これは、光ファイバ母材20を上下に動かすことにより光ファイバ10の線速が変化し、それにつれて張力が変化するからである。光ファイバ10のガラス径を一定にするために、フィーダ110の送り速度を制御して、光ファイバ10の線速が大きくは変化しないようにする。

【0050】

本発明者が行った実験によれば、メインヒータ140で線引き炉130の温度を変化させたときの光ファイバ10の張力の変化率は約 19.6 mN (2 g) / 分 であり、ガス流量を変化させたときの光ファイバ10の張力の変化率は約 78.4 mN (8 g) / 分 であった。波長分散を $+4.5\text{ ps/nm/km} \sim -4.5\text{ ps/nm/km}$ の間で変化させる場合、すなわち、張力を $882\text{ mN (90 g)} \sim 392\text{ mN (40 g)}$ の間で変化させる場合、メインヒータ140で線引き炉130の温度を変化させる方法では25分を要するが、ガス流量を変化させる方法では6分で済み、大幅に時間が短縮される。

【0051】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明によれば、メインヒータのみによらずに光ファイバ母材の下端が受ける熱量を変化させることにより、炉心管内の光ファイバ母材の下端の温度を短時間に変化させることができる。したがって、例えば製造される光ファイバが分散マネージメント光ファイバである場合、正分散区間と負分散区間との間の過渡区間が短くなり、非線形光学現象による波形劣化を抑制するという効果を達成することができる。

【0052】

また、光ファイバ母材の下端が受ける熱量を変化させるに際しては、光ファイバ母材の下端の周囲に供給するガスの流量および組成の双方または何れか一方を変化させ、或いは、光ファイバ母材の下端の近傍に補助ヒータを設けて該補助ヒータによる加熱の状態を変化させ、或いは、光ファイバ母材の下端の近傍に断熱材を設けて該断熱材による断熱の状態を変化させ、或いは、光ファイバ母材と線引き炉との間の相対的位置関係を変化させるのが好適であり、これら何れの場合

にも、メインヒータのみによらずに光ファイバ母材の下端が受ける熱量を短時間に変化させることができる。

【0053】

また、線引張力を測定して、この測定された線引張力が所定値となるよう光ファイバ母材の下端が受ける熱量を制御する場合には、所望の線引張力を得るために、光ファイバ母材の下端の周囲に供給するガスの流量または組成、補助ヒータによる加熱の状態、断熱材による断熱の状態、または、光ファイバ母材と線引き炉との間の相対的位置関係の微調整をすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本実施形態に係る光ファイバ製造方法または光ファイバ製造装置により製造される光ファイバの1例の説明図である。

【図2】

光ファイバの屈折率プロファイルの1例の説明図である。

【図3】

光ファイバ製造装置の概略構成図である。

【図4】

第1および第4の実施形態それぞれに係る光ファイバ製造装置の要部の説明図である。

【図5】

第2の実施形態に係る光ファイバ製造装置の要部の説明図である。

【図6】

第2の実施形態に係る光ファイバ製造装置の変形例の要部の説明図である。

【図7】

第3の実施形態に係る光ファイバ製造装置の要部の説明図である。

【図8】

第3の実施形態に係る光ファイバ製造装置の変形例の要部の説明図である。

【符号の説明】

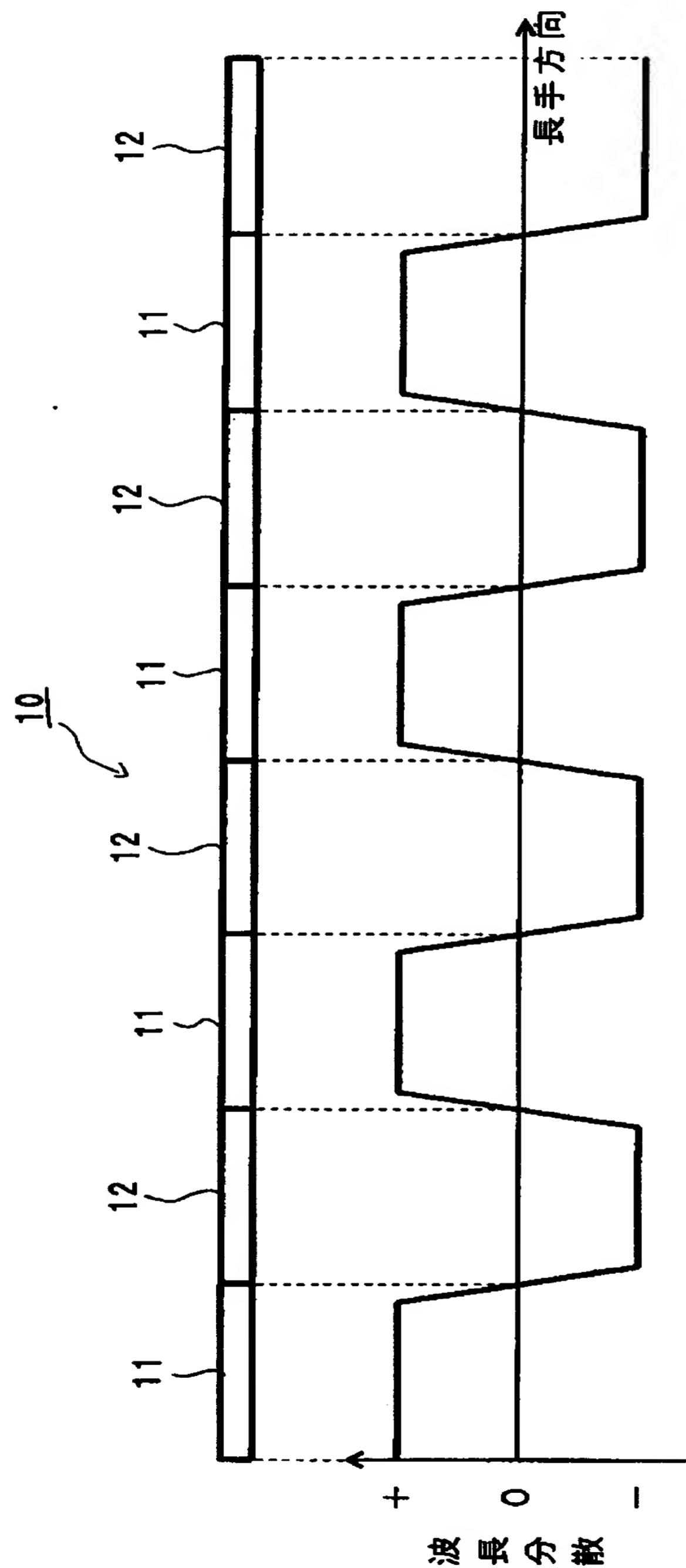
1…光ファイバ製造装置、10…光ファイバ、11…正分散区間、12…負分

散区間、20…光ファイバ母材、110…フィーダ、120…炉心管、130…線引き炉、140…メインヒータ、151…主管、152A, 152B…支管、153A, 153B…ガス供給源、154A, 154B…バルブ、155A, 155B…流量計、161…補助ヒータ、171, 172…断熱材、173…支持部、174…駆動部、210…外径測定器、220…張力測定器、230…被覆部、250…外径測定器、250…キャップスタン、260…ローラ、270…ダンサーローラ、280…ローラ、290…ボビン、300…線引制御部。

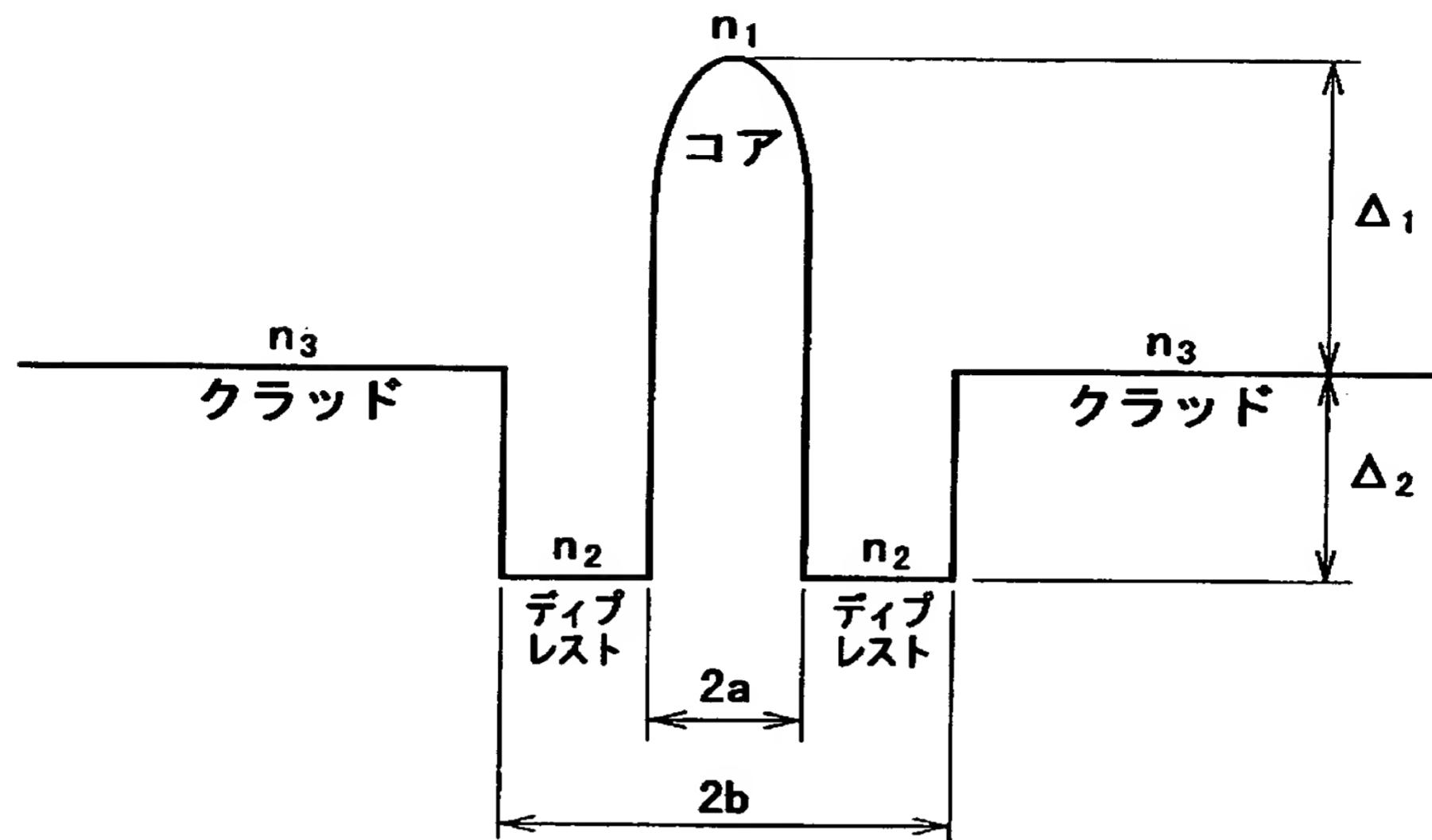
【書類名】

図面

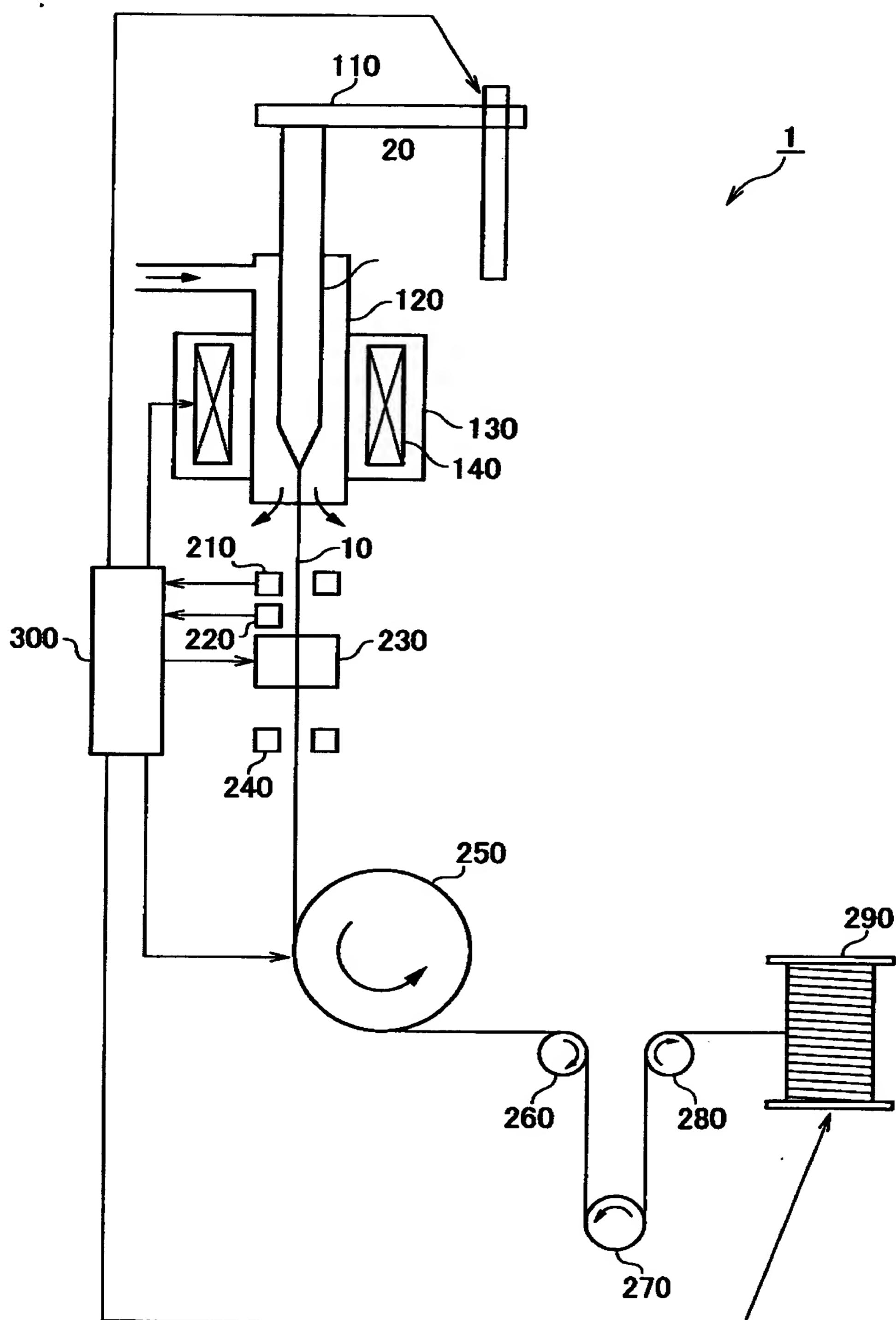
【図1】



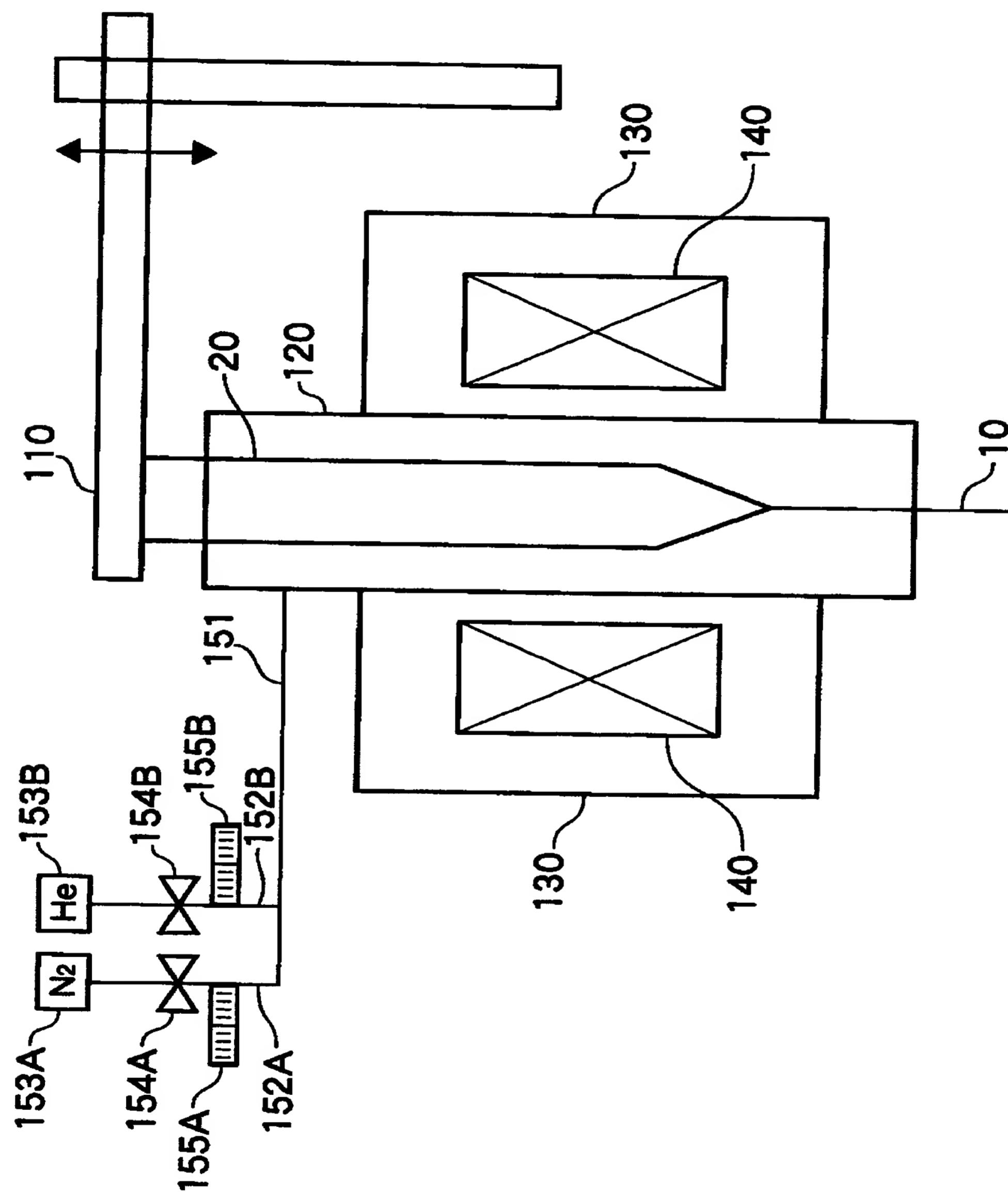
【図2】



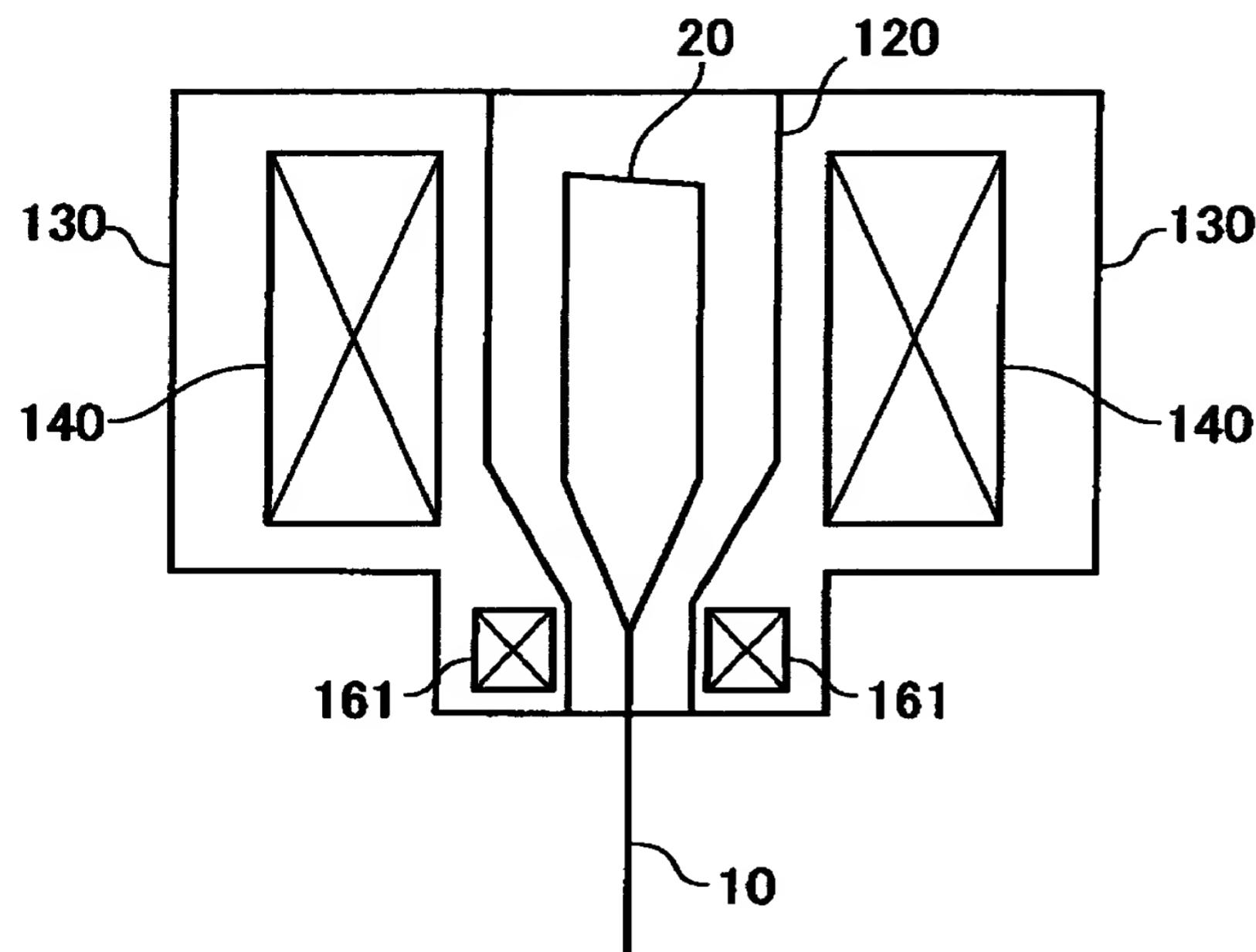
【図3】



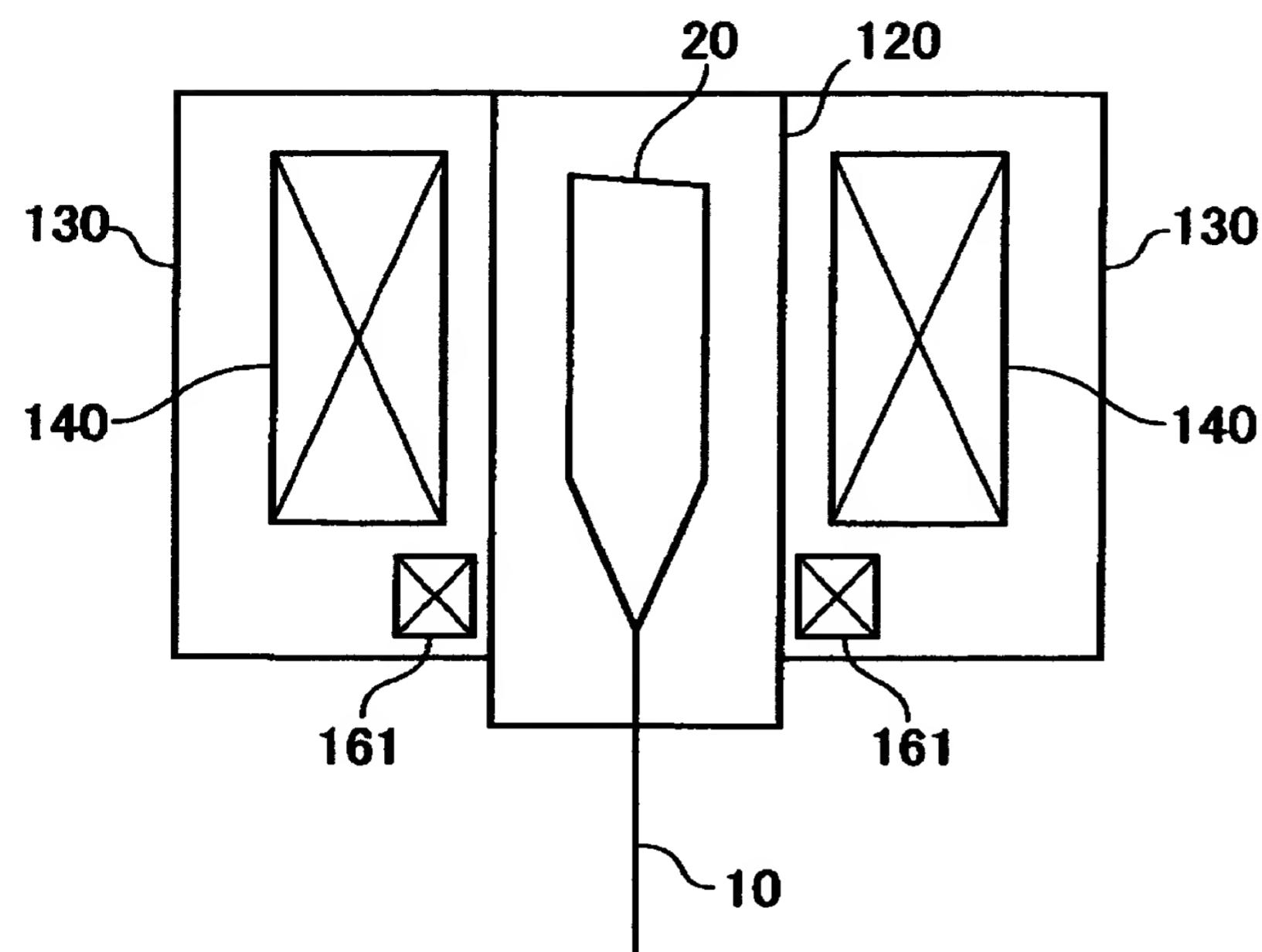
【図4】



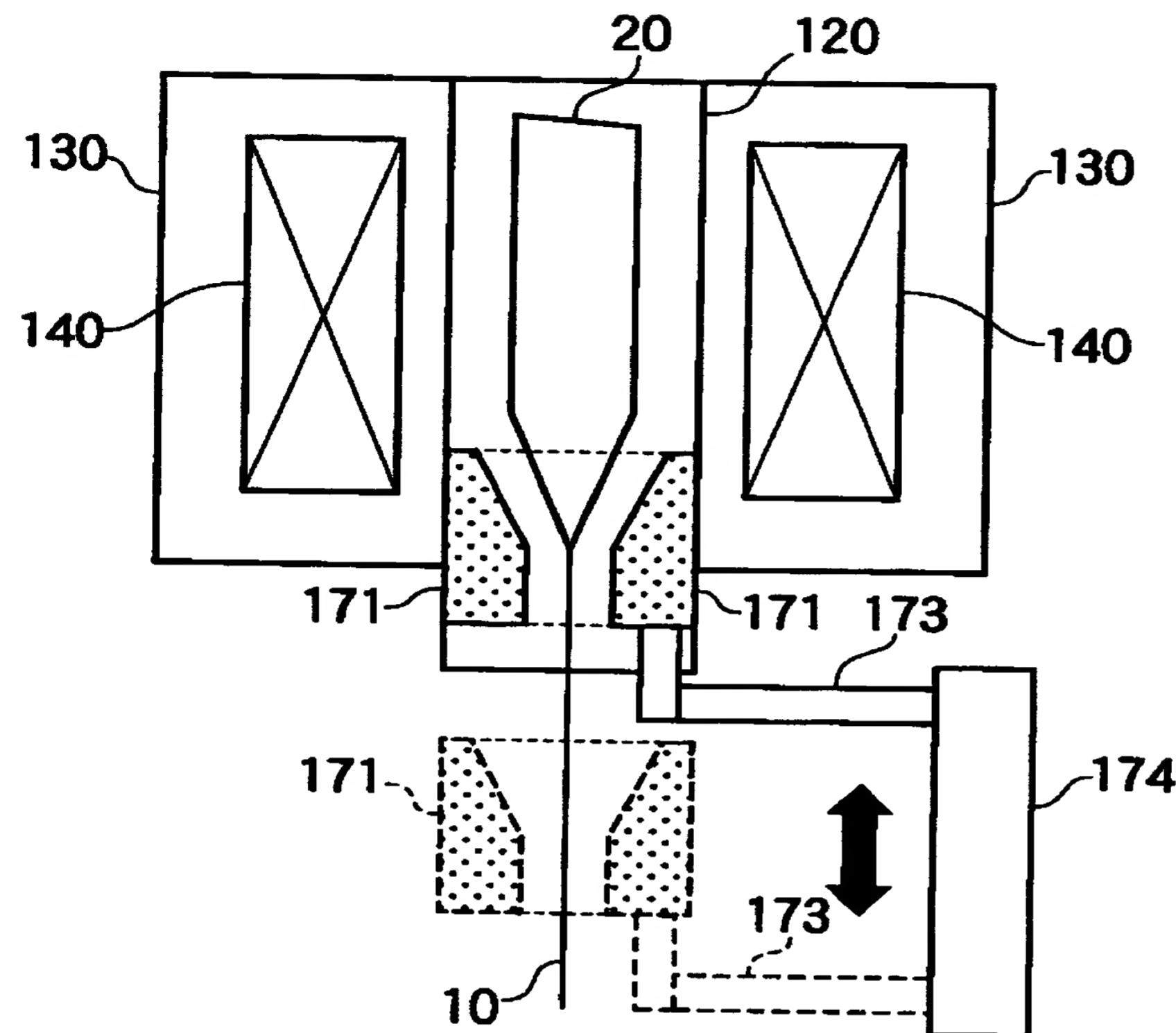
【図5】



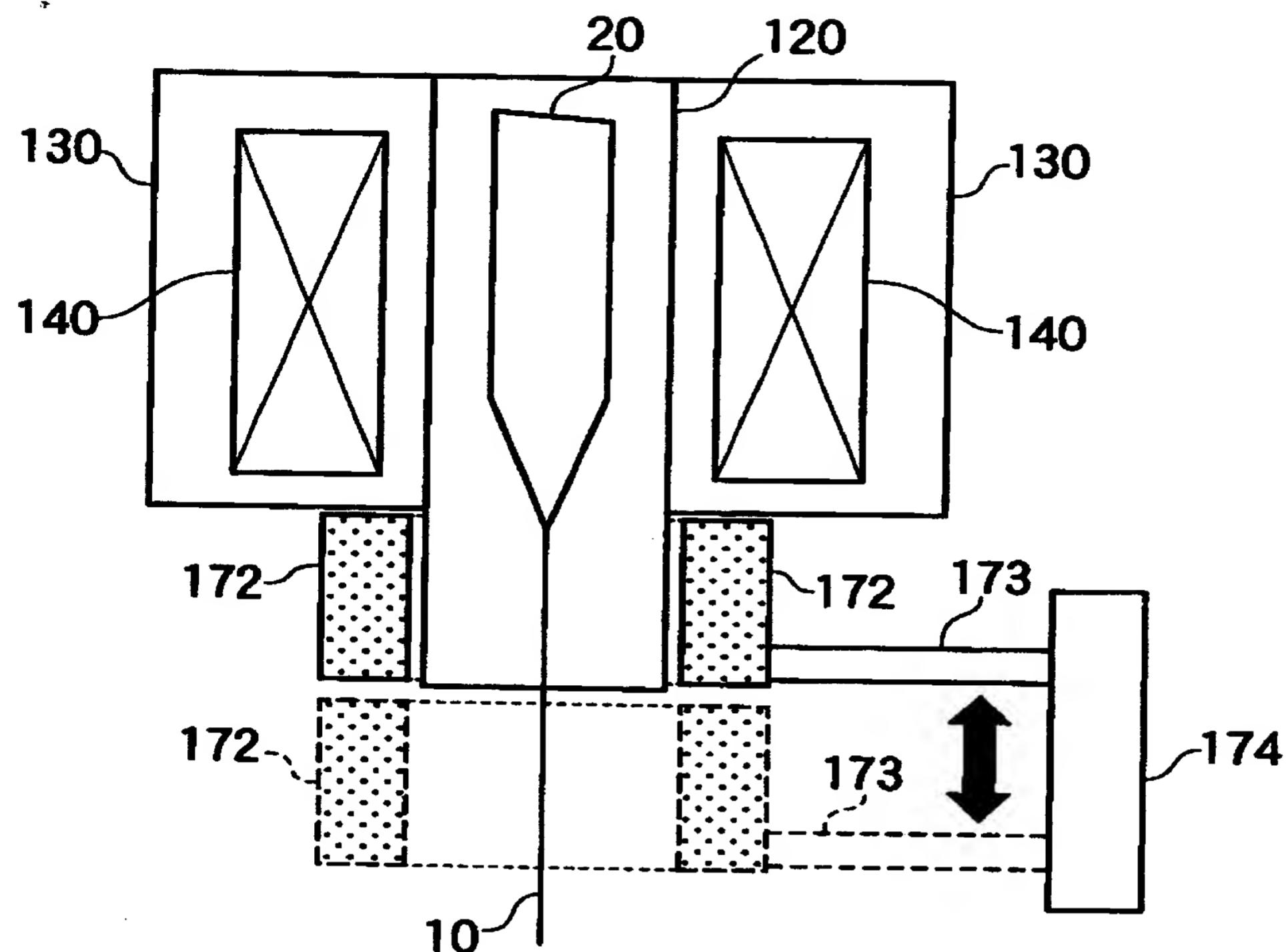
【図6】



【図7】



【図8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 所定波長における波長分散が長手方向に変化する光ファイバを優れた制御性で容易に製造することができる光ファイバ製造方法等を提供する。

【解決手段】 この光ファイバ製造装置は、炉心管120に接続された主管151、この主管151が分岐された2つの支管152Aおよび152B、一方の支管152Aに接続されたガス供給源153A、バルブ154Aおよび流量計155A、ならびに、他方の支管152Bに接続されたガス供給源153B、バルブ154Bおよび流量計155Bを備える。ガス供給源153Aおよび153Bそれぞれから炉心管120内に供給される不活性ガスの流量または組成を変化させる。メインヒータ140のみによらずに光ファイバ母材20の下端が受ける熱量を変化させて線引張力を調整し、この調整された線引張力に基づいて波長分散が長手方向に変化する光ファイバ10を製造する。

【選択図】 図4

出願人履歴情報

識別番号 [000002130]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
氏 名 住友電気工業株式会社